VISIT…

LANZAROTE Caliente.com

7 Calculul zonelor de transmitere

7.1 Aderența armăturilor preîntinse. Lungime de transfer şi lungime de ancorare

Eficiența armăturilor preîntinse depinde de aderența între armătură şi beton.

Când armăturile pretensionate sunt eliberate din stendul de precomprimare şi tăiate la extremitățiel elementului, aceste armături tind să-şi reia lungimea inițială. Armătura pretensionată este atunci blocată de beton care o reține şi o împiedică să revină la o tensiune nulă pe toată lungimea sa. Precomprimarea este transmisă la beton prin aderență. Prin cumulul forțelor de aderență întinderea din armătură şi compresiunea din beton creşte pe măsură ce ne îndepărtăm de extremitățile elementului.

Aderența în zona de transfer este diferită de cea pe care o întâlnim în elementele de beton armat. La betoin armat este vorba de o aderență prin *tracțiune*, în timp ce la beton precomprimat este vorba de o aderență prin *compresiune*.

Într-adevăr, tendința de destindere a eforturlui din toron provoacă o umplare a diametrului toronului (prin efect Poisson), care măreşte frecarea cu betonul.

Altminteri, au loc aceleaşi fenomene ca la beton armat : aderența chimică (« adeziune »), frecare şi aderență mecanică (întrepătrunderea betonului cu nervurile existente pe suprafața armăturile).

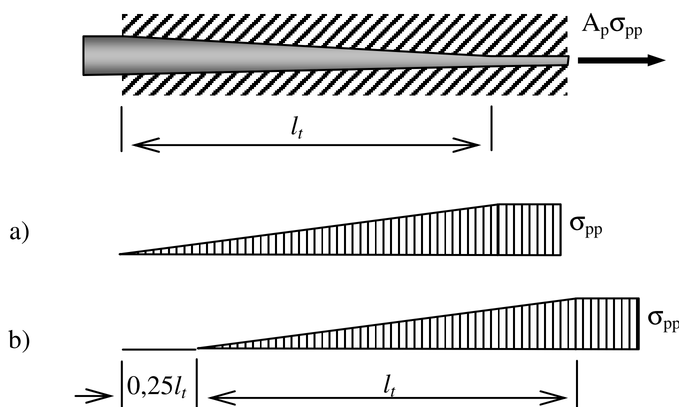


Figura 7.1 – Zona de transmitere : a) variația efortului unitar în toron ; b) efectul transferului brusc.

Zona de la fiecare extremitate a unui element de beton precomprimat prin preîntindere unde se produce transferul precomprimării la beton este numită *zonă de transmitere*.

Lungimea de transmitere (l_t) este distanța dintre extremitatea elementului şi punctul unde este atins efortul unitar σ_{pp}.

Lungimea de transmitere se calculează, după STAS 10107/0-90, cu relația următoare, unde coeficienții K_t sunt dați în Tabelul 7.1 :

$$l_t = K_t \cdot d \qquad (7.1)$$

În cazul transferului brusc, trebuie considerată o zonă inactiva egală cu 25% din l_t (vezi Figura 7.1b).

Lungimea de ancorare (l_a) este lungimea minimă de înglobare necesară pentru ca armătura să nu fie smulsă din beton înainte ca să-şi atingă rezistenţa.

Lungimea de ancorare se calculează, după STAS 10107/0-90, cu relaţia următoare, unde coeficienţii K_a sunt daţi în Tabelul 7.2 :

$$l_a = K_a \cdot d \tag{7.2}$$

Tabelul 7.1 : Coeficienţi K_t pentru calculul lungimii de transmitere (STAS 10107)

Tip de armătură		Rezistenţa betonului la transfer (MPa)		
		25	35	45
		K_t		
SBP A I		100	80	65
TBP		85	65	55
PC	ϕ 14 ;16	20	15	15
	ϕ 18...28	30	25	25

Tabelul 7.2 : Coeficienţi K_a pentru calculul lungimii de ancorare (STAS 10107)

Tip de armătură		Clasa de rezistenţă a betonului		
		Bc 30	Bc 40	Bc 50
		K_a		
SBP A I		170	140	120
TBP		200	160	130
PC	ϕ 14 ;16	35	30	25
	ϕ 18...28	50	45	40

7.2 Zona de difuzie

Efortul în ancoraj (elemente cu armătură postîntinsă) introduce în elementul de beton o compresiune puternică pe o mică suprafaţă de beton. Acest efort este difuzat pe o suparafaţă mai mare (întreaga secţiune) în interiorul elementului. La capătul unei anumite distanţe l_z numită *lungime a zonei de difuzie*, se admite că principiul lui de Saint-Venant se aplică şi că repartiţia eforturilor unitare normale este liniară. În Figura 7.2 este dat exemplu cazul unui cablu centrat rectiliniu, perpendicular pe capătul elementului.

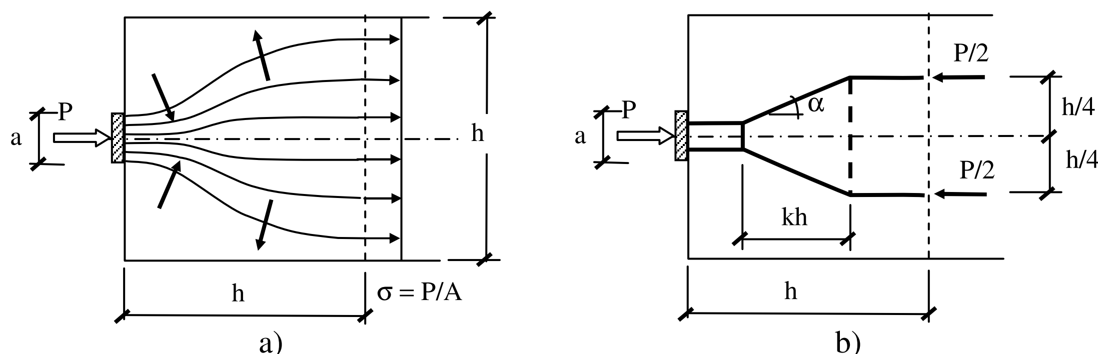


Figura 7.2 – Difuzia precomprimării : a) linii de forţă b) schema simplificată

Difuzia liniilor de forță (Figura 7.2a) cuprinde :

- o parte convexă care dă o compresiune radială în beton ;
- apoi o parte concavă cu întinderi transversale.

Încercările au arătat că la lungimea zonei de regularizare a eforturilor (difuzie) este de ordinul de mărime a dimensiunii transversale a elementului, adică *h* în plan vertical :

$$l_z = h \tag{7.3}$$

Pentru a avea ordinul de mărime al efortului transversal întindere, se pot schematiza liniile de forță prin două biele înclinate cu unghiul α şi un tirant (Figura 7.2b).

Componenta verticală a efortului în bielă, care dă forța de întidere este :

$$Z = \frac{P}{2} tg\alpha$$

cu :

$$tg\alpha = \frac{h/4 - a/4}{kh} = \frac{1}{4k}\left(1 - \frac{a}{h}\right)$$

de unde :

$$Z = \frac{P}{8k}\left(1 - \frac{a}{h}\right) \tag{7.4}$$

Se admite în general $Z = 0{,}3P(1\text{-}a/h)$, ceea ce corespunde unei valori $k \cong 0{,}4$.

În cazul precomprimării prin preîntinderea armăturilor, zone de difuzie depăşeşte lungimea de transmitere :

$$l_z = \sqrt{h^2 + l_t^2} \tag{7.5}$$

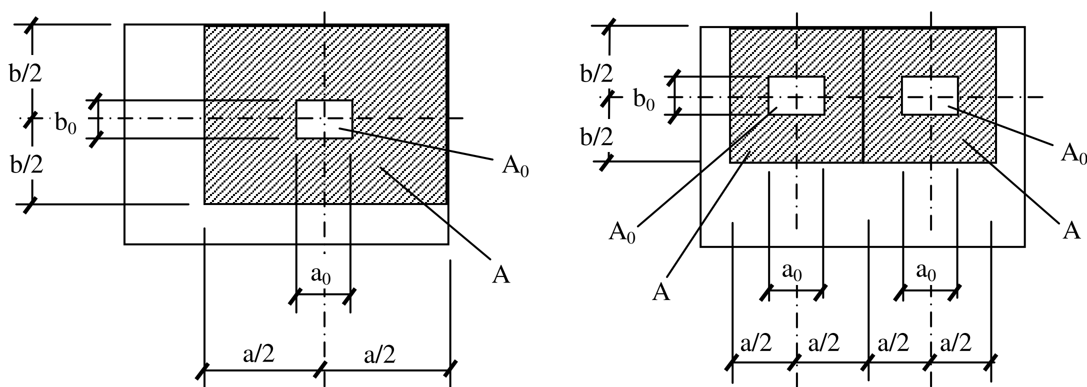


Figura 7.3 – Zona activă de calcul în cazul precomprimării excentrice sau a mai multor armături ancorate la capăt

Dacă forța de precomprimare nu este centrică, sau dacă sunt mai multe ancoraje, zona activă este definită ca în Figura 7.3 (regula prismului simetric [2]), şi relațiile 7.3 şi 7.5 iau foma următoare :

$$l_{zi} = a \qquad \text{cu} \qquad a > b \tag{7.6}$$

$$l_{zi} = \sqrt{a^2 + l_t^2} \qquad \text{cu} \qquad a > b \qquad (7.7)$$

În cazul unei precomprimări centrice creată de forțe normale repartizate neuniform, sau a unei precomprimări excentrice creată de forțe normale nerepartizate după o lege liniară, apare, pe lângă întinderile de despicare corespunzând fiecărui cablu, o forță transversală de întindere "de echilibru general", care corespunde eforturilor unitare transversale neechilibrate între cabluri (Figura 7.4).

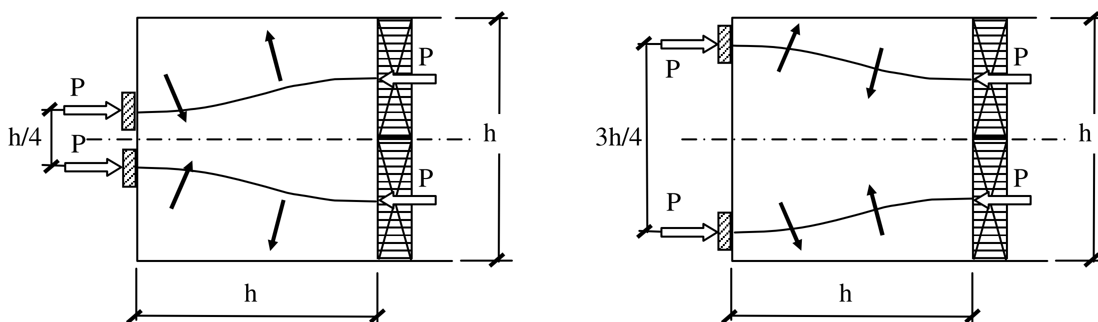


Figura 7.4 – Difuzia precomprimării în cazul forțelor normale repartizate neuniform.

Calculul forței de întindere se poate face fie plecând de la un studiu elastic al stării de eforturi, fie utilizând un model "bielă-tirant" potrivit.

7.3 Verificarea zonelor de transmitere

7.3.1 Verificarea la compresiune locală

Betonul de sub ancoraje trebuie să fie verificat la forța de compresiune exercitată de precomprimare pe suprafața A_0 a ancorajului :

$$1{,}1 \cdot A_p \cdot \sigma_{pk} \leq \xi \cdot A_0 \cdot R_c + A_{as} \cdot R_{as} \leq 2\, A_0 \cdot R_c \qquad (7.6)$$

Rezistența betonului este mai mare decât rezistența la compresiune uniformă, din cauza efectului de confinare dat de betonul situat în jurul suprafeței A_0. Dacă A este suprafața de calcul (vezi Figura 7.3), după STAS 10107/0-90 se poate multiplica rezistența betonului R_c cu coeficientul :

$$\xi = \left(2 - \sqrt{\frac{A_0}{A}} \right)^2 \qquad (7.7)$$

Efectul favorabil al armăturii transversale (dispusă sub formă de plasă sau de fretă) este luat în calcul prin termenul $A_{as} \cdot R_{as}$. Aria de armătură echivalentă este :

– în cazul plaselor : $$A_{as} = \frac{A_{a1}a_0 + A_{a2}b_0}{s}$$ *(7.8)*

– în cazul fretei circulare : $$A_{as} = \frac{\pi d_s A_s}{s_f}$$ *(7.9)*

unde :

A_{a1} = secțiunea sârmelor paralele cu a_0 situate în zona efectivă de reazem ;
A_{a2} = secțiunea sârmelor paralele cu b_0 situate în zona efectivă de reazem ;
s = distanța între plase ;
A_s = secțiunea transversală a armăturii de fretare ;
d_s = diametrul fretei ;
s_f = pasul fretei.

Rezistența de calcul a armăturilor R_{as} este considerată ca pentru armături din OB37, oricare ar fi oțelul utilizat.

În nici un caz, forța de precomprimare nu trebuie să depăşească $2A_0R_c$ (vezi relația *7.6*).

7.3.2 Verificarea la fisurare în planul armăturilor

În zona de difuzie a eforturilor există eforturi de întindere perpendiculare pe direcția precomprimării, după cum s-a arătat la paragraful 7.2.

Aceste eforturi pot fi calculate cu relația :

$$\sigma_{by} = K\frac{1{,}1Z}{al_{zi}}$$ *(7.10)*

unde Z este forța de întindere transversală, egală cu :

– armături preîntinse : $$Z = 0{,}3A_p\sigma_{pk}\left(1 - \frac{a_0}{a}\right)$$ *(7.11a)*

– armături postîntinse : $$Z = 0{,}3A_p\sigma_{p0}\left(1 - \frac{a_0}{a}\right)$$ *(7.11b)*

Coeficientul K depinde de procedeul de precomprimare şi poate fi luat, după STAS 10107 :

– armături preîntinse : $K = 1{,}5$ *(7.12a)*
– armături postîntinse : $K = 1{,}0$ *(7.12b)*

Dacă efortul unitar nu respectă condiția :

– armături preîntinse : $\sigma_{by} \le 1{,}5R_{tk}$ *(7.13a)*

- armături postîntise : $\sigma_{by} \leq 2R_{tk}$ *(7.13b)*

trebuie fie mărită secțiunea de beton, fie modificată dispunerea armăturilor active în zona de capăt.

Dacă efortul unitar de întindere este situat între valorile :

- armături preîntise : $0,65R_{tk} \leq \sigma_{by} \leq 1,5R_{tk}$ *(7.14a)*
- armături postîntise: $R_{tk} \leq \sigma_{by} \leq 2R_{tk}$ *(7.14b)*

trebuie prevăzute armături transversale, a căror cantitate se calculează după cum urmează :

- dacă armătura transversală este realizată cu plase sudate :

$$n_1 \cdot A_{a1}(0,8R_{as}) \geq 1,1Z_1 \qquad (7.15a)$$

$$n_2 \cdot A_{a2}(0,8R_{as}) \geq 1,1Z_2 \qquad (7.15b)$$

unde n_j este numărul de plase dispuse pe lungimea l_{zi} şi $j = 1$ sau 2 semnifică direcția în care este determinată forța Z şi sunt dispuse armăturile A_{aj}.

- dacă armătura transversală este realizată o fretă circulară :

$$A_{as}(0,8R_{as}) \geq 1,1Z\frac{s_f}{a} \qquad (7.16)$$

Dacă efortul unitar de întindere este mai mic decât valorile:

- armături preîntise : $\sigma_{by} \leq 0,65R_{tk}$ *(7.17a)*
- armături postîntise : $\sigma_{by} \leq R_{tk}$ *(7.17b)*

este suficient să se prevadă armăturile minime (vezi § 7.3.4).

7.3.3 Verificarea la fisurare între armături

Forța de despicare este calculată conform STAS 10107/0-90 plecând de la forța longitudinală neechilibrată într-o secțiune orizontală situată la distanță y de marginea grinzii (vezi Figura 7.5). Relația de calcul ține cont de efectul favorabil al componentei verticale a forței de precomprimare :

$$Z_3 = \frac{1}{3}\left[\int_0^y b\sigma_b dy - \sum_0^y P_i \cos\alpha_i\right] - \sum_0^y P_i \sin\alpha_i \qquad (7.18)$$

Armătura necesară este dată de relația :

$$n_2 \cdot A_{a1}(0,8R_{as}) \geq 1,1Z_3 \qquad (7.19a)$$

dar trebuie prevăzut cel puțin :

$$n_2 \cdot A_{a1}R_{as} \geq 0,03\Sigma P_i \qquad (7.19b)$$

Notațiile din relațiile precedente sunt (vezi şi Figura 7.5) :

$n_2 \cdot A_{a1}$: aria armăturilor dispuse în direcția considerată (perpendiculr pe direcția de fisurare probabilă), conținute în primele 2-3 plase n_2 situate la extremitatea elementului ;

R_{as} : rezistența de calcul a armăturilor transversale, considerată ca pentru armături din OB 37, oricare ar fi oțelul utilizat.

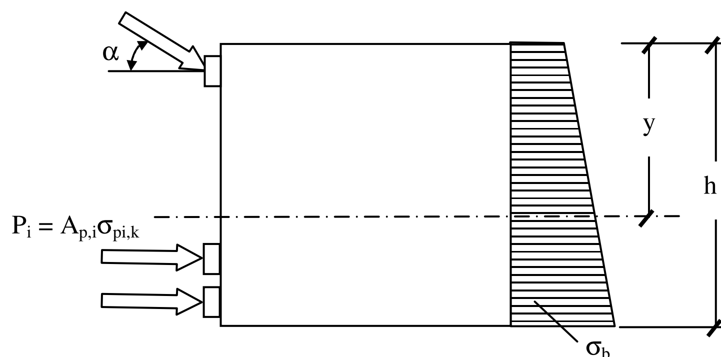


Figura 7.5 – Secțiunea de calcul pentru despicarea între armături sau grupuri de armături pretensionate

7.3.4 Prevederi constructive pentru armarea zonelor de transmitere (STAS 10107/0-90)

Elemente cu ancoraje la capăt (armături en postîntinse)

Sub ancoraj trebuie preăzute 2 sau 3 plase cu cel puțin 4 bare în fiecare direction, prima situată la 30 mm sub ancoraj, şi celelalte distanțate la 50 - 70 mm (Figura 7.6a). Diametrul armăturilor trebuie să fie cuprins între 6 şi 14 mm şi distanța dintre bare între 60 şi 100 mm. Plasele vor fi realizate fie din armături continue (Figura 7.6b), fie prin sudare (Figura 7.6c). Este interzis să se utilizeze plasele din bare independente legate cu sârmă.

Trebuie prevăzute plase similare aşezate la distanțe de 100...150 mm pe toată lungimea de difuzie a cablului considerat.

În locul plaselor, este posibil să se utilizeze o armătură armature elicoidală continuă de fretare (Figura 7.6.d), cu diametrul între 6 şi 10 mm şi cu un pas cuprins între 50 şi 80 mm.

Dacă armătura de fretare nu acoperă toată secțiunea elementului, trebuie prevăzuți etrieri închişi, cel puțin Φ8/150 mm. Aceşti etrieri vor fi prevăzuți pe toată lungimea de difuzie l_z.

Elemente cu arm,aturi preîntinse

Pe primul sfert (începând de la extremitatea elementului) a lungimii de transmisie l_t trebuie prevăzute 3 până la 5 armături transversale suplimentare (etrieri închişi, plase sudate, fretă circulară).

Dacă aceste armături nu acoperă toată secțiunea elementului, este necesar să se dispună etrieri închişi, cel puțin Φ6/ 150 mm.

Pe toată zona de difuzie l_z este obligatorie prevederea de etrieri închişi, cel puțin Φ6/ 150 mm.

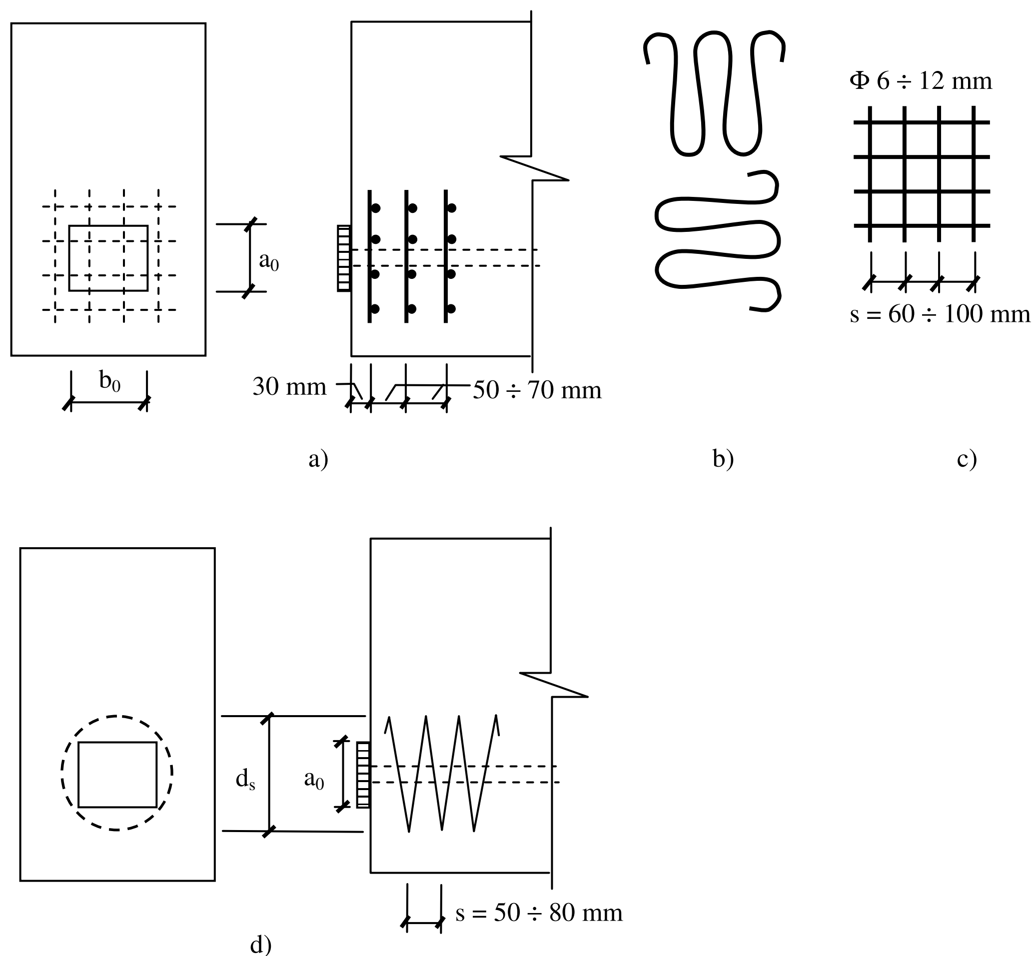


Figura 7.6 – Armarea zonelor de capăt : a) Armare cu plase ; b) Armături continue ; c) Plase sudate ; d) Armare cu fretă circulară.